

## Evaluasi Efektivitas Manajemen Proyek Pemeliharaan Jalan: Studi Kasus HDM-4 Muaro Kalaban–Kiliranjao

Rehan Putra Saira<sup>1</sup>, Ahmad Royhan Mashuri Harahap<sup>2</sup>, Yuni Purnama Syafri<sup>1✉</sup>, Dyla Midya Octavia<sup>1</sup>, Wiwin Putri Zayu<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Adzkia, Padang, Indonesia

<sup>2</sup>PT Hutama Karya (Persero), Jakarta, Indonesia

[correspond\\_author@email](mailto:correspond_author@email) [yuni.ps@adzkia.ac.id]

### Abstract

This study aims to evaluate the effectiveness of project management in national road maintenance activities based on the Highway Development and Management (HDM-4) model, using a case study of the Muaro Kalaban–Kiliranjao road section in West Sumatra Province, Indonesia. The research employs a descriptive-evaluative approach by analyzing five key elements of the Project Management Body of Knowledge (PMBOK): time, cost, quality, risk, and communication management. The data were obtained from project documentation, implementation reports, work schedules, and HDM-4 simulation outputs. The findings indicate that among the five evaluated aspects, three cost, risk, and communication are categorized as effective, while time and quality are considered moderately effective. A project delay of approximately 6% was caused by weather and logistical factors, whereas the International Roughness Index (IRI) value of 6.08 m/km remains within the acceptable technical limits of the Indonesian Highway Standard (Bina Marga). Overall, the project's management effectiveness level reached about 80%, demonstrating that the integration of the PMBOK framework with HDM-4 analysis can improve project efficiency and economic outcomes. This research highlights the importance of structured communication systems and proactive risk mitigation strategies to enhance the performance of infrastructure projects, especially in geographically challenging areas.

Keywords: project management, road maintenance, HDM-4, effectiveness, PMBOK

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas manajemen proyek pada kegiatan pemeliharaan jalan nasional berbasis Highway Development and Management (HDM-4) dengan studi kasus pada ruas Muaro Kalaban–Kiliranjao di Provinsi Sumatera Barat. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif-evaluatif dengan analisis terhadap lima elemen utama Project Management Body of Knowledge (PMBOK), yaitu manajemen waktu, biaya, mutu, risiko, dan komunikasi. Data penelitian bersumber dari dokumen proyek, laporan pelaksanaan, jadwal kerja, serta hasil simulasi HDM-4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari lima aspek yang dianalisis, tiga aspek yaitu biaya, risiko, dan komunikasi dinilai efektif, sedangkan dua aspek lainnya waktu dan mutu tergolong cukup efektif. Keterlambatan pelaksanaan sebesar  $\pm 6\%$  disebabkan oleh faktor cuaca dan logistik, sementara nilai International Roughness Index (IRI) sebesar 6,08 m/km masih dalam batas toleransi teknis Bina Marga. Secara keseluruhan, tingkat efektivitas manajemen proyek mencapai sekitar 80%, menunjukkan bahwa integrasi pendekatan PMBOK dengan analisis HDM-4 mampu meningkatkan efisiensi dan hasil ekonomi proyek jalan. Penelitian ini menegaskan pentingnya penerapan sistem komunikasi yang terstruktur dan mitigasi risiko yang proaktif dalam mendukung keberhasilan proyek infrastruktur di wilayah dengan kondisi geografis menantang.

Kata kunci: manajemen proyek, pemeliharaan jalan, HDM-4, efektivitas, PMBOK

CEC is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



### 1. Pendahuluan

Pembangunan dan pemeliharaan jalan merupakan salah satu elemen penting dalam mendukung konektivitas wilayah dan pertumbuhan ekonomi daerah. Kegiatan pemeliharaan jalan memiliki kontribusi langsung terhadap penguatan ekonomi lokal melalui efisiensi transportasi dan penurunan biaya logistik [1]. Namun, efektivitas pemeliharaan tidak hanya bergantung pada kondisi teknis jalan, tetapi juga pada tata kelola dan manajemen proyek yang tepat.

Dalam konteks global, penerapan *Highway Development and Management* model (HDM-4) telah

digunakan secara luas untuk menilai kelayakan ekonomi proyek jalan, terutama terkait analisis *Road User Cost* dan *Benefit-Cost Ratio* [2]. Namun, banyak penelitian terbaru menyoroti bahwa keberhasilan teknis dari HDM-4 belum selalu diikuti oleh efektivitas manajerial proyek di lapangan [3].

Manajemen proyek konstruksi jalan menuntut koordinasi lintas pemangku kepentingan yang kompleks, terutama di wilayah dengan kondisi geografis menantang. Komunikasi antar pihak merupakan salah satu faktor dominan yang menentukan keberhasilan pelaksanaan proyek [4]. Studi serupa juga menunjukkan bahwa kualitas

komunikasi mempengaruhi kecepatan pengambilan keputusan dan mengurangi potensi konflik selama pelaksanaan proyek [5].

Selain itu keberhasilan proyek infrastruktur jalan bergantung pada efektivitas komunikasi dan dokumentasi yang konsisten antar pihak proyek [6]. Di sisi lain manajemen risiko juga menjadi faktor krusial. Penelitian Singh et al. mengungkapkan bahwa risiko cuaca, suplai material, dan kondisi geografis merupakan penyebab utama keterlambatan proyek jalan [7].

Dalam panduan terbaru Project Management Institute (2021), keberhasilan proyek konstruksi diukur berdasarkan integrasi aspek waktu, biaya, mutu, risiko, dan komunikasi secara terpadu [8]. Sejalan dengan hal ini, Simanjuntak & Tamin menekankan pentingnya adaptasi prinsip PMBOK untuk proyek-proyek jalan di daerah terpencil Indonesia, di mana faktor nonteknis seperti cuaca dan logistik sangat mempengaruhi efektivitas proyek [9].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas manajemen proyek pemeliharaan jalan nasional berbasis HDM-4, dengan fokus pada penerapan aspek manajemen waktu, biaya, mutu, risiko, dan komunikasi pada ruas Muaro Kalaban-Kiliranjao. Kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran empiris tentang hubungan antara efektivitas manajemen proyek dan keberhasilan teknis-ekonomi proyek jalan di wilayah dengan kondisi geografis menantang.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-evaluatif yang bertujuan menilai efektivitas penerapan manajemen proyek pada kegiatan pemeliharaan jalan berbasis Highway Development and Management (HDM-4). Pendekatan ini memungkinkan peneliti menilai kondisi aktual pelaksanaan proyek serta mengukur kesesuaian penerapan prinsip manajemen proyek dengan teori PMBOK (Project Management Body of Knowledge) yang dikembangkan oleh Project Management Institute [8]. Panduan ini menjelaskan bahwa keberhasilan proyek bergantung pada integrasi aspek waktu, biaya, mutu, risiko, dan komunikasi.

Metode deskriptif-evaluatif banyak digunakan untuk penelitian infrastruktur karena dapat menggambarkan praktik manajerial aktual dibandingkan dengan standar atau rencana pelaksanaan [9]. Pendekatan ini juga relevan untuk proyek jalan yang kompleks dan melibatkan banyak pemangku kepentingan.

### 2.2. Lokasi dan Obyek Penelitian

Lokasi penelitian berada pada ruas Jalan Nasional Muaro Kalaban–Kiliranjao di Provinsi Sumatera Barat, sepanjang  $\pm 77$  km. Ruas ini termasuk dalam jaringan jalan strategis nasional yang menghubungkan

Kabupaten Solok Selatan dan Dharmasraya. Kegiatan pemeliharaan dilaksanakan oleh Balai Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) Sumatera Barat pada periode 2023–2024 dan meliputi pekerjaan *overlay*, *patching*, serta pemeliharaan rutin perkerasan.

Pemilihan lokasi didasarkan pada data analisis HDM-4 yang sebelumnya digunakan untuk menghitung *Road User Cost* (RUC) dan *Benefit-Cost Ratio* (BCR) pada penelitian Royhan (2025), dimana ruas ini menunjukkan hasil peningkatan kinerja ekonomi proyek setelah pemeliharaan [10]. Model HDM-4 sendiri telah digunakan secara luas oleh Bank Dunia sebagai perangkat standar untuk analisis kinerja ekonomi proyek jalan [11].

### 2.3. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat sekunder, yang diperoleh dari dokumen proyek resmi dan sumber administratif terkait pelaksanaan proyek pemeliharaan jalan nasional. Penggunaan data sekunder dipilih karena proyek telah selesai dilaksanakan, sehingga seluruh informasi teknis dan manajerial dapat diakses melalui dokumentasi proyek yang telah disahkan oleh pihak berwenang.

Adapun jenis data yang digunakan meliputi:

1. Laporan pelaksanaan dan pengawasan proyek, berisi informasi mengenai progres pekerjaan, permasalahan lapangan, dan tindak lanjut teknis.
2. Jadwal pelaksanaan (time schedule) dan laporan kemajuan mingguan (progress report) yang digunakan untuk menganalisis deviasi waktu serta efisiensi pelaksanaan pekerjaan.
3. Data hasil analisis HDM-4, meliputi nilai *Road User Cost* (RUC), *Benefit-Cost Ratio* (BCR), dan *International Roughness Index* (IRI) untuk menilai manfaat ekonomi proyek.
4. Dokumen spesifikasi teknis dan pedoman Bina Marga, yang menjadi acuan dalam menilai kesesuaian mutu pekerjaan terhadap standar nasional.

Penggunaan data sekunder memungkinkan analisis dilakukan secara longitudinal, yakni membandingkan kondisi sebelum dan sesudah proyek menggunakan data historis. Analisis longitudinal berbasis data proyek merupakan salah satu cara paling efektif untuk mengukur efisiensi biaya dan manfaat ekonomi pada proyek infrastruktur jalan [6].

### 2.4. Variabel dan Indikator Penelitian

Penelitian ini mengadopsi lima elemen utama *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), yaitu: manajemen waktu, biaya, mutu, risiko, dan komunikasi.

Masing-masing elemen memiliki indikator efektivitas sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Kriteria efektivitas mengikuti pedoman PMI (2021), di mana

penyimpangan  $\leq 5\%$  dari rencana dikategorikan efektif, 5–10% cukup efektif, dan  $>10\%$  tidak efektif.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Elemen Manajemen	Indikator Evaluasi	Metode Analisis
<b>Waktu</b>	Deviasi antara rencana dan realisasi proyek	Analisis deviasi (%) dari jadwal kontrak
<b>Biaya</b>	Realisasi biaya terhadap anggaran	Analisis efisiensi (%)
<b>Mutu</b>	Nilai IRI dan hasil uji mutu terhadap standar Bina Marga	Analisis kepatuhan teknis
<b>Risiko</b>	Gangguan cuaca dan material	akibat pasokan dari laporan proyek
<b>Komunikasi</b>	Jumlah koordinasi rapat dan pelaporan	Analisis dokumentasi proyek

## 2.6. Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan dengan dua pendekatan utama, yaitu kuantitatif deskriptif dan evaluatif kualitatif. Analisis kuantitatif digunakan untuk menghitung deviasi waktu, biaya, dan mutu menggunakan metode variance analysis, sedangkan analisis kualitatif digunakan untuk mengevaluasi risiko dan komunikasi proyek berdasarkan isi laporan pelaksanaan.

Hasil keduanya disintesis untuk mengukur tingkat efektivitas manajemen proyek secara keseluruhan [7]. Penelitian serupa oleh Singh menunjukkan bahwa penggunaan data historis dan laporan proyek dapat diandalkan untuk mengevaluasi efektivitas manajemen risiko dan kinerja proyek konstruksi tanpa survei langsung [7].

Selain itu, hasil analisis efektivitas dibandingkan dengan keluaran ekonomi dari HDM-4, yaitu nilai RUC dan BCR, untuk melihat keterkaitan antara efektivitas manajemen dan manfaat ekonomi proyek [11]. Pendekatan ini konsisten dengan metode *post-project evaluation* yang umum digunakan dalam kajian infrastruktur jalan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 2. Evaluasi Efektivitas Manajemen Proyek Pemeliharaan Jalan Muaro Kalaban–Kiliranjao

Aspek Manajemen	Indikator Utama	Deviasi Capaian	/ Tingkat Efektivitas
<b>Waktu</b>	Keterlambatan ada tetapi teratasi	Keterlambatan pelaksanaan sekitar $\pm 5\text{--}6\%$ akibat cuaca dan logistik, namun proyek	<b>Cukup Efektif</b>

Aspek Manajemen	Indikator Utama	Deviasi Capaian	/ Tingkat Efektivitas
		selesai dalam masa kontrak	
<b>Biaya</b>	Sesuai kontrak	Realisasi biaya sesuai dengan nilai kontrak, deviasi $<3\%$	<b>Efektif</b>
<b>Mutu</b>	IRI = 6,08	Nilai IRI sedikit di atas standar Bina Marga ( $\leq 6$ m/km) tetapi masih dalam toleransi teknis	<b>Cukup Efektif</b>
<b>Risiko</b>	Risiko teratasi karena diakomodir dalam kontrak dan anggaran	Risiko cuaca dan pasokan material diantisipasi dengan alokasi anggaran dan fleksibilitas waktu	<b>Efektif</b>
<b>Komunikasi</b>	Koordinasi lancar, rapat mingguan dan bulanan	Komunikasi rutin antar pihak melalui rapat mingguan, bulanan, dan laporan digital	<b>Efektif</b>

### 3.1. Manajemen Waktu

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pelaksanaan proyek mengalami keterlambatan sekitar 5–6% dari jadwal rencana awal. Faktor utama penyebab keterlambatan adalah curah hujan tinggi di kawasan Muaro Kalaban–Kiliranjao dan gangguan logistik material dari lokasi pemasok, yang berjarak cukup jauh dari area proyek. Meskipun demikian, penyesuaian jadwal dilakukan melalui penambahan jam kerja lembur, percepatan kegiatan di akhir periode kontrak, dan redistribusi tenaga kerja di segmen yang tidak terdampak cuaca.

Kondisi ini menandakan bahwa manajemen waktu tergolong cukup efektif, karena penyimpangan yang terjadi masih dalam batas toleransi kontrak dan tidak berdampak signifikan terhadap mutu maupun biaya proyek. Hasil ini selaras dengan temuan Simanjuntak & Tamin (2022), yang menyatakan bahwa proyek jalan di daerah dengan kondisi geografis ekstrem di Indonesia masih dapat dikategorikan efektif bila deviasi jadwal berada di bawah 10%.

Selain itu, penerapan rapat mingguan dan pemantauan digital melalui laporan progres membantu mempercepat proses pengambilan keputusan ketika terjadi keterlambatan. Strategi mitigasi tersebut mendukung rekomendasi Project Management Institute (2021), yang menekankan pentingnya schedule control berbasis monitoring dan adaptasi berkelanjutan. Dengan demikian, aspek waktu dalam proyek ini menunjukkan penerapan prinsip adaptive time management yang sesuai dengan praktik terbaik (best practice) PMBOK.

### **3.2. Manajemen Biaya**

Dari sisi keuangan, proyek menunjukkan realisasi biaya yang konsisten dengan nilai kontrak, dengan deviasi anggaran di bawah 3%. Pengendalian biaya dilakukan melalui pemantauan progres mingguan, verifikasi volume pekerjaan aktual sebelum pembayaran, dan penerapan sistem progress-based payment.

Tidak terdapat pekerjaan tambah kurang (change order) yang signifikan, dan seluruh item sesuai dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) kontrak. Hasil ini menunjukkan tingkat efisiensi tinggi dalam pengelolaan keuangan proyek. Temuan ini sejalan dengan penelitian Abdul-Fatawu et al. (2024), yang menyatakan bahwa pengendalian biaya berbasis progress control mampu menjaga deviasi anggaran di bawah 5% pada proyek jalan di Ghana.

Selain itu, efektivitas biaya ini berpengaruh positif terhadap indikator ekonomi HDM-4, yaitu peningkatan Benefit–Cost Ratio (BCR) dari 1,23 menjadi 1,46 pasca pemeliharaan. Korelasi antara efisiensi biaya dan peningkatan nilai BCR juga diperkuat oleh Bosurgi (2024), yang menemukan bahwa proyek dengan efisiensi biaya tinggi memiliki manfaat ekonomi yang lebih besar bagi pengguna jalan melalui penurunan Road User Cost (RUC).

Dengan demikian, manajemen biaya pada proyek ini dapat dikategorikan efektif, baik secara administratif maupun ekonomi. Efisiensi ini menunjukkan bahwa koordinasi antara kontraktor, konsultan pengawas, dan pemilik proyek telah berjalan dengan baik dalam menjaga kestabilan keuangan proyek.

### **3.3. Manajemen Mutu**

Dari hasil pengukuran International Roughness Index (IRI) menggunakan HDM-4, diperoleh nilai 6,08 m/km setelah pemeliharaan. Nilai ini sedikit melebihi batas standar Bina Marga ( $\leq 6$  m/km), namun masih dalam toleransi teknis. Sebelum pemeliharaan, kondisi jalan memiliki IRI rata-rata di atas 8 m/km, sehingga proyek ini berhasil meningkatkan kenyamanan berkendara sekitar 25–30%.

Meskipun demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa masih terdapat segmen dengan drainase kurang optimal dan ketebalan lapisan permukaan yang tidak

seragam, yang menyebabkan perbedaan kinerja antarsegmen. Temuan ini sejalan dengan Gertler (2024) yang menyatakan bahwa variasi kondisi drainase merupakan penyebab utama penyimpangan mutu pada proyek jalan di wilayah beriklim tropis.

Secara manajerial, mutu proyek dapat dikategorikan cukup efektif, karena standar teknis hampir terpenuhi dan kinerja perkerasan meningkat signifikan. Hasil ini juga sejalan dengan Bosurgi (2024) yang mengaitkan keberhasilan mutu teknis dengan efisiensi manajerial dalam penggunaan HDM-4.

Lebih lanjut, hasil ini menegaskan pentingnya pemeliharaan berkelanjutan (preventive maintenance) untuk menjaga kinerja permukaan jalan pasca proyek, sebagaimana direkomendasikan oleh World Bank (2008) dalam pedoman HDM-4.

### **3.4 Manajemen Risiko**

Manajemen risiko pada proyek ini dilakukan secara proaktif. Sejak tahap awal, tim proyek telah mengidentifikasi risiko utama seperti cuaca ekstrem, gangguan logistik material, dan medan perbukitan, yang kemudian diakomodasi dalam kontrak kerja melalui penyediaan anggaran risiko (contingency fund) sebesar 5% dari total nilai proyek.

Penerapan langkah mitigasi, seperti fleksibilitas waktu pelaksanaan dan koordinasi intensif antar pihak, terbukti mampu meminimalkan dampak keterlambatan dan menjaga kesinambungan progres.

Pendekatan ini mencerminkan penerapan Risk Response Planning sebagaimana dianjurkan oleh PMBOK [8].

Hasil penelitian ini konsisten dengan Singh et al. (2025) yang menemukan bahwa proyek konstruksi dengan manajemen risiko berbasis contingency planning mampu menurunkan probabilitas gangguan proyek hingga 20%. Dengan kata lain, efektivitas manajemen risiko di proyek Muaro Kalaban–Kiliranjao menunjukkan bahwa antisipasi sejak perencanaan memberikan kontribusi nyata terhadap keberhasilan proyek di wilayah berisiko tinggi.

### **3.5 Manajemen Komunikasi**

Dari sisi komunikasi, proyek menunjukkan koordinasi yang terstruktur dan efektif. Sistem komunikasi dilakukan melalui rapat mingguan dan bulanan antara pihak Balai Pelaksanaan Jalan Nasional (BBPJN), Konsultan Pengawas, dan Kontraktor. Rapat mingguan berfokus pada progres teknis, sementara rapat bulanan membahas aspek anggaran, jadwal, dan kendala lapangan.

Selain itu, sistem pelaporan digital harian dan mingguan yang dikirim secara online memungkinkan percepatan proses pengambilan keputusan. Implementasi komunikasi digital ini mendukung

efektivitas koordinasi dan mengurangi jeda waktu respon terhadap permasalahan lapangan.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Lusajo & Shokia (2024), yang menegaskan bahwa komunikasi intensif dan dokumentasi sistematis antara pemangku kepentingan proyek konstruksi dapat meningkatkan kinerja proyek hingga 30% dibandingkan proyek yang tidak memiliki sistem komunikasi rutin.

Mekanisme komunikasi yang baik di proyek ini tidak hanya memperlancar koordinasi, tetapi juga memperkuat kepercayaan antar pihak pelaksana, sehingga mampu menjaga mutu dan efisiensi pekerjaan.

Berdasarkan hasil evaluasi di atas, proyek pemeliharaan jalan Muaro Kalaban–Kiliranjao menunjukkan kinerja manajemen yang baik dengan rata-rata efektivitas tinggi.

Aspek biaya, risiko, dan komunikasi menunjukkan hasil efektif, sedangkan aspek waktu dan mutu tergolong cukup efektif.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa proyek pemeliharaan jalan Muaro Kalaban–Kiliranjao memiliki tingkat efektivitas manajemen proyek sebesar  $\pm 80\%$ . Tiga aspek utama (biaya, risiko, dan komunikasi) dikategorikan efektif, sedangkan dua aspek lainnya (waktu dan mutu) cukup efektif.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu oleh Simanjuntak & Tamin (2022) dan Bosurgi (2024), nilai efektivitas ini relatif lebih tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa integrasi metode HDM-4 dengan pendekatan PMBOK mampu memberikan hasil yang lebih komprehensif dibandingkan pendekatan konvensional yang hanya menilai dari sisi teknis atau keuangan.

Selain itu, penelitian ini memperkuat hasil Singh et al. (2025) bahwa proyek dengan sistem komunikasi dan mitigasi risiko yang baik memiliki peluang keberhasilan lebih besar, terutama di wilayah dengan kondisi geografis menantang. Dengan demikian, proyek Muaro Kalaban–Kiliranjao dapat dijadikan studi empiris positif tentang bagaimana sinergi antara evaluasi teknis (HDM-4) dan manajerial (PMBOK) mampu meningkatkan efisiensi proyek pemeliharaan jalan nasional di Indonesia.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis efektivitas manajemen proyek, dapat disimpulkan bahwa pelaksanaan pemeliharaan jalan pada ruas Muaro Kalaban–Kiliranjao telah berjalan dengan baik dan efisien. Aspek biaya, risiko, dan komunikasi dinilai efektif, menunjukkan adanya perencanaan, koordinasi, dan

pengendalian yang kuat antara pihak pelaksana, pengawas, dan pemilik proyek. Sementara itu, aspek waktu dan mutu tergolong cukup efektif, dengan deviasi kecil yang masih dalam batas toleransi akibat faktor cuaca dan kondisi geografis lapangan.

Secara umum, proyek mencapai tujuan fungsional dan ekonomisnya dengan efektivitas keseluruhan sekitar 80%. Hasil ini memperlihatkan bahwa integrasi prinsip *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)* dengan pendekatan analisis HDM-4 mampu meningkatkan kinerja pelaksanaan proyek jalan. Temuan ini juga menegaskan pentingnya komunikasi dan mitigasi risiko yang proaktif dalam menjaga keberlanjutan proyek infrastruktur di wilayah dengan tantangan geografis tinggi.

#### Daftar Rujukan

- [1] Y Gertler, P. J. (2024). *Infrastructure investment and regional economic performance*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 180, 103624.
- [2] World Bank. (2008). *Highway Development and Management Model (HDM-4): Road User Costs Model Documentation*. The World Bank.
- [3] Bosurgi, G. (2024). *Integrating HDM-4 model outputs with project management evaluation for road maintenance*. Sustainability, 16(15), 6530.
- [4] Lusajo, A., & Shokia, M. (2024). *The role of communication among project stakeholders in the implementation of building construction projects in Arusha City, Tanzania*. International Journal of Humanities, Social Sciences and Management (IJHSSM), 7(1), 45–53.
- [5] Taleb, H. M., Alomari, A., & Baqer, S. (2017). *An overview of project communication management in construction industry projects*. Journal of Engineering and Applied Sciences, 12(8), 2110–2115.
- [6] Abdul-Fatawu, M., Gyamfi, J., & Amponsah, O. (2024). *Project cost control and performance efficiency in road infrastructure development*. International Journal of Scientific and Research Publications, 14(3), 150–160.
- [7] Singh, R., Kumar, S., & Sharma, A. (2025). *Risk assessment and mitigation in construction building projects*. ResearchGate.
- [8] Project Management Institute (PMI). (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition*. Project Management Institute.
- [9] Simanjuntak, D., & Tamin, O. Z. (2022). *Adaptation of PMBOK principles for road construction projects in remote areas of Indonesia*.

- Journal of Infrastructure Development, 14(2), 123–135.
- [10] Royhan Mashuri Harahap, A. (2025). Evaluasi efektivitas manajemen proyek pemeliharaan jalan berbasis HDM-4: Studi kasus ruas Muaro Kalaban–Kiliranjao [Tesis, Universitas Bung Hatta]. Universitas Bung Hatta.
- [11] World Bank. (2008). *Highway Development and Management Model (HDM-4): Road User Costs Model Documentation*. The World Bank.